

ISSN 1813-5420 (Print). *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 3

3. Study on tariff design for distribution systems: final report prepared for European Commission, Directorate-General for Energy, Directorate B – Internal Energy Market. 2015. 652 p. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20150313%20Tariff%20report%20final_revREF-E.PDF
4. Power distribution in Europe. Facts & Figures / Eurelectric report. Brussels, 2013. URL: https://www3.eurelectric.org/media/113155/dso_report-web_final-2013-030-0764-01-e.pdf
5. Jamasb T., Pollitt M. Incentive regulation of electricity distribution networks: lessons of experience from Britain. Cambridge: Electricity Policy Research Group, University of Cambridge, 2007. 57 p. URL: <https://www.eprg.group.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2014/01/eprg0701.pdf>
6. Joskow P. Incentive regulation in theory and practice: electric transmission and distribution networks. Chapter 5 in Economic regulation and its reform. What have we learned? [Edited by Nancy Rose] // National Bureau of Economic Research conference report. 2014. P. 291-345.
7. Jamasb T., Pollitt M. Benchmarking and regulation: international electricity experience // Utilities Policy. 2001 No 9. P. 107-130.
8. Cossent R. A. Economic regulation of distribution system operators and its adaptation to the penetration of distributed energy resources and smart grid technologies : Doct. Dissert. Madrid, 2013. 265 p.
9. Bauknecht D., Leprich U., Spath Ph., Skytte K., Estnault B. Regulating Innovation & Innovating Regulation: DG-GRID research project. 2007. 58p. URL: https://www.researchgate.net/publication/215616226_Regulating_Innovation_Innovating_Regulation
10. Jamasb T. Benchmarking electricity distribution networks // ACCC/AER Annual Conference. 7-8 August 2015. Brisbane. 24 p. URL: <https://www.accc.gov.au/system/files/Breakout%201%20A%20-%20Tooraj%20Jamasb%20-%20ACCC%20%26%20AER%20Regulatory%20Conference%202015.pdf>
11. Haney A., Pollitt M. Efficiency analysis of energy networks: an international survey of regulators // Energy Policy. 2009. Vol. 37. Issue 12. P. 5814-5830
12. Migueis V. L., Camanho A. S., Bjorndal E., Bjorndal M. Productivity change and innovation in Norwegian electricity distribution companies // Journal of the Operational Research Society. 2012. Vol. 63. P. 982-990.
13. Kuosmanen T., Saastamoinen A., Sipilainen T. What is the best practice for regulation of electricity distribution? Comparison of DEA, SFA and StoNED methods // Energy Policy. 2013. Vol. 61. P. 740-750
14. Bogetoft P., Otto L. Benchmarking with DEA, SFA and R. Springer, 2011. 351 p.
15. Dolmatov I. Analysis of the efficiency of the electricity grid companies (benchmarking). Testing of methodology for monitoring of the efficiency of Russian electricity grid companies / Project at the National Research University Higher School of Economics, 2013. URL: <https://www.hse.ru/org/projects/79645581>
16. Kostin Yu., Teligin V., Kostin D. Foreign experience in regulating the electric power industry // *Herald of the Economic Sciences of Ukraine*. 2018. No 1. P. 56-60. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/139861/08-Kostin.pdf?sequence=1>
17. Agrell P., Bogetoft P. Development of benchmarking models for German electricity and gas distribution. Final report. SUMICSID AB, 2007. 122 p.

Надійшла 08.12.2018

Received 08.12.2018

УДК 621.31

В.П. Опришко, аспірант, ORCID 0000-0003-4963-2490

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕХАНІЗМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМ КЕРУВАННЯ ПОПИТУ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ У СВІТОВІЙ ПРАКТИЦІ

В статті проаналізовано розвиток та кращі світові практики з впровадження програм керування попиту на електричну енергію. Наведено результуючі данні звітів комісій Європейського Союзу, Федеральної комісії з регулювання енергетики США, Міжнародного Енергетичного Агентства та інших.

Проаналізовано ефекти від впровадження програм з керування попиту та доведено, що при впровадженні програм DSM на регіональному рівні при застосуванні непрямих методів, стимулюється не

© В.П. Опришко, 2018

лише економічний розвиток, але й підвищується екологічна та енергетична безпека, створюються умови для ринкових перетворень. Що до локального ефекту варто зазначити зниження потреб у будівництві нових енергетичних об'єктів та підвищення загального рівня надійності енергозабезпечення.

В українських реаліях питання імплементації кращих світових практик з впровадження програм керування попитом залишається відкритим. На тлі нової структури ринку електричної енергії, додаткові конкурентні переваги для енергетичних компаній та фінансової вигоди для споживачів є перспективним фактором розвитку для нових та імplementованих програм з керування попитом.

Ключові слова: Smart Grid, електропостачання, енергоефективність, керування попитом, DSM.

Вступ

Незважаючи на істотні відмінності у виробничо-організаційній структурі енергетики різних країн, методах контролю діяльності енергокомпаній та ціноутворення, механізми функціонування локальних енергетичних систем мусять забезпечувати відповідного обсягу генеруючих потужностей на основі очікуваного споживчого попиту і режимних вимог до рівня резерву з впровадженням ринкового механізму ціноутворення для підтримання балансу та зниження втрат. Менеджмент попиту на енергію energy demand management, також відомий як керування попитом на енергію demand-side management (DSM) або реакція на попит demand response (DR) [1] спрямований на зміну попиту споживачів енергії шляхом використання різних методів, наприклад фінансових стимулів чи ініціатив з енергоефективності, та найактивніше впроваджуються в США, Франції, Великобританії, Австралії, Японії, Китаї [2].

Після енергетичної кризи 1973 року в США був прийнятий закон про національну політику енергозбереження, за допомогою якого розроблений комплекс заходів з управління попитом. До середини 1980-х років програми DR використовувалися практично у всіх штатах, що дозволило знизити потребу в будівництві нових ліній електропередачі. Протягом багатьох років енергокомпанії впроваджували «Програму прямого управління навантаженням» (Direct Load Control) як різновиду DR, в рамках якої споживачі погоджувалися на короткочасне відключення навантаження при аварійних ситуаціях в енергосистемі в обмін на спеціальні тарифи. Починаючи з 2010 року DR почав активно зростати на ринках електроенергії та отримав можливість конкурувати з виробництвом електроенергії. [3,33]

У 1993 році Міжнародне Енергетичне Агентство запустило програму з керування попитом (The Demand-Side Management Programme, IEA DSM), у якій беруть участь 15 держав для розвитку і просування можливостей DSM. Програма розбита на завдання, звіт за якими публікується на сайті. У даний час перед ініціативною групою стоять завдання щодо розвитку інноваційного енергосервісу, по інтеграції DSM, енергоефективності, розподіленої генерації і ВДЕ, зі зміни поведінки споживачів. [4]

Відповідно до Щорічного звіту Федеральної комісії з регулювання енергетики США (ФКРЕ) про впровадження DR і інтелектуальних лічильників в США зниження пікового рівня навантаження завдяки програмам DR на роздрібних ринках збільшилася на 4 096 МВт (15,1% з 2013 по 2014 роки), перш всього за рахунок зростання участі в програмах DR на ринку PJM, який об'єднує мережі штатів: Делавер, Іллінойс, Індіана, Кентуккі, Меріленд, Мічиган, Нью-Джерсі, Північна Кароліна, Огайо, Пенсільванія, Теннессі, Вірджинія, Західна Вірджинія і округ Колумбія. DR на ринку PJM зріс на 24% у 2015 році[5].

Керування попитом широко застосовується на ринку PJM протягом усього декількох років і конкурує з генерацією та передачами електроенергії на ринку потужностей. Загальний обсяг потужностей на розвантаженні, наданий ресурсам DR і засобами енергоефективності на аукціоні потужності на 2017–2018 роки, склав 12314 МВт. Досвід PJM в цій області є надзвичайно корисним для системних операторів інших країн, що намагаються інтегрувати DR. Унікальною характеристикою ринку PJM є успішне впровадження DR в діяльність ринків електроенергії, потужності та системних послуг. [6]

У США діє велика кількість програм керування споживанням житлового комплексу, наприклад, за рахунок підключення до системи кондиціонування або опалення для можливостей їхнього тимчасового відключення в періоди пікового навантаження з подальшими виплатами власникам приміщень за рахунками на житлово-комунальні послуги.[7]

Обсяг потужності на розвантаження, законтракований усіма енергокомпаніями, перевищив необхідний рівень в 22 МВт. На аукціоні були схвалені заявки таких постачальників послуг DR, як EnerNOC (перейменована у Enel X) і EnergyConnect, а також розробника систем зберігання електроенергії Stem і агрегатора навантаження побутових споживачів EnergyHub. Крім того, була схвалена заявка компанії MotorWerks, що передбачає використання 1000 станцій зарядки електромобілів на стороні побутових споживачів. Обсяг законтракованої потужності на розвантаження від MotorWerks склав 900 КВт для SCE, 300 КВт для SDG&E і незначний додатковий обсяг для PG&E [8].

У січні 2016 року енергокомпанії штату Каліфорнія в США оголосили про результати першого в штаті аукціону потужності за участю DR в якості ресурсу потужності. Механізм аукціону керування попитом (Demand Response Auction Mechanism – DRAM) був впроваджений на території штату, щоб дозволити широкому колу розосереджених енергоресурсів, починаючи з систем зберігання електроенергії

(електричних батарей) до електромобілів, подавати заявки на участь в оптовому ринку за умови забезпечення зниження рівня енергоспоживання, як мінімум, на 0,1 МВт [9].

Під час першого аукціону було законтрактовано 40 МВт потужності на розвантаження за рахунок DR, наданого різними постачальниками послуги. Компанією SCE під час другого аукціону, проведеного в серпні 2016 року, були укладені договори на DR обсягом 82 МВт [10].

У квітні 2017 року компанія SDG&E підписала контракт на запуск програми керування попитом з компанією OhmConnect, яка з 2018 року забезпечує зниження споживання обсягом до 4,5 МВт протягом 20 хв. з моменту її повідомлення. Зниження споживання здійснюється в тому числі за рахунок керування активами побутових користувачів (їм, наприклад, приходить смс, про те, що поруч запущена пікова електростанція і електроенергія подорожчає) [11].

На думку Єврокомісії, енергоефективність і DR важливіше та вигідніше для балансування попиту та пропозиції на ринках електроенергії, ніж будівництво нових або підтримання в експлуатації станцій і мереж при зростанні частки ВДЕ в енергобалансі.

Потенціал впровадження DR в ЄС оцінювався на 2013 рік в зниженні пікового споживання на 60 ГВт (10% від загального пікового споживання). Обсяг заощаджених МВт збільшився втричі з 2013 по 2015 роки [12].

Основними нормативно-правовими актами для регламентації дії та впровадження програм DR в ЄС є документи наведені у таб.1 [13].

Таблиця 1

| Регламентація програм з керування попитом в Європейському союзі | |
|--|---|
| Директиви | Стандарти |
| 1. Electricity Directive 2009/72/EC | 1. COM(2011) on SG |
| 2. Energy Efficiency Directive 2012/27/EC | 2. RECOMM OJ L/73 13/03/2012 |
| 3. End-Use Efficiency and Energy service Directive (206) | 3. COM(2013)7243 on IEM and Public Intervention |
| | 4. SWD(2013)442 on DR |

Carrefour став першою компанією, яка запропонувала свої ресурси гнучкого споживання електроенергії на ринку послуг з балансування, керованому французьким системним і мережевим оператором RTE. Carrefour пропонує ці дуже затребувані ресурси у відповідь на розгортання нової моделі DR. Це дає можливість системному оператору використовувати послуги гнучкого споживання ритейлера (за рахунок регулювання режимів холодильного обладнання, а також опалення, вентиляції та кондиціонування повітря). Технології керування попитом забезпечують оптимальне керування активами компанії за рахунок появи декількох джерел виручки, включаючи нові можливості участі в ринку потужності, що з'явилися у Франції. Попит у Франції майже випереджає пропозицію через тривалі ремонти атомних енергоблоків. Плановане приєднання ВДЕ до мережі так само може створити системні небаланси, для ліквідації яких будуть використані ресурси DR [14].

Програма DR в країнах ЄС знаходиться на різних стадіях розвитку. Такі країни як Бельгія, Франція, Ірландія та Великобританія законодавчо закріпили порядок DR, права і обов'язки незалежних агрегаторів, технічні умови та вимоги для участі споживачів в DR.

Керування попитом розглядається в якості головного вирішення питання нестачі потужності на ринку Японії як в середньостроковій, так і довгостроковій перспективі. На території країни здійснюється низка пілотних проектів у сфері інтелектуальних мереж. Великі міжнародні гравці в сфері DR, наприклад, Schneider Electric, EnerNOC і Comverge, вже почали реалізацію проектів, багато з яких фінансуються японським Радою з розвитку нової енергетики. У червні 2015 року американська компанія Comverge приступила до участі в розробці техніко-економічного обґрунтування «Зекономлений ват» (Negawatt) з метою оцінки потенціалу застосування DR в Японії. З серпня 2016 по січень 2017 року проводилося тестування надточної автоматизованої системи керування попитом (advanced automated demand response, ADR) компанії Куосега, яка самостійно запускає і зупиняє генеруючі установки, вимикає систему кондиціонування, запускає акумулятори для скорочення енергоспоживання [15].

Пілотний проект: з метою підтримки балансу в енергосистемі об'єднала споживання потужності 70 приватних домогосподарств, які отримують тепло і гарячу воду від водогрійних котлів, в єдину мережу у 2016 році запустила Фінська енергокомпанія Fortum Corporation.

Сумарна потужність котлів, включених в цей експеримент, невелика: всього 100 кВт. Але інтерес ініціативи в тому, що це перший випадок в Фінляндії, коли диспетчери використовують потужності побутових споживачів для регулювання навантаження енергосистеми.

Раніше в аналогічних проектах брали участь тільки промислові споживачі. Працює це таким чином. Системний оператор Фінляндії, Fingrid, може дистанційно керувати споживанням водонагрівачів: коли

енергосистемі потрібно більше потужності, споживання потужності водонагрівачами знижується (в заданих межах, які не впливають критичним чином на обігрів будинку або гаряче водопостачання) [16].

Функції керування розосередженими енергоресурсами можуть виконувати локальні системи керування кожного агрегату. Однак зі зростанням кількості об'єктів керування в мікромережі неможливо обійтися без автоматизованої інформаційно-керуючої системи, яка повинна здійснювати координоване і оптимальне керування всіма розосередженими енергоресурсами, мінімізуючи витрати на паливо, закупівлі енергії на ринках і технічне обслуговування обладнання, підвищуючи доходи від продажу енергії та надання системних послуг (ціно залежне споживання, регулювання частоти і напруги).

Активний енергокомплекс також не може обійтися без електромобілів, які можуть грати роль переносних акумуляторів, наприклад, під час зарядки на парковці (за статистикою близько 80% всього часу) вони можуть видати, при необхідності, акумуляовану раніше енергію в мережу.

Структура активного енергокомплексу і системи керування ним залежить від кількості і роду розосереджених енергоресурсів, які входять до нього. Такі системи керування отримали загальну назву DERMS (Distributed Energy Resource Management System). Саме DERMS відповідає за взаємодію з «великою» енергосистемою, яку, в свою чергу, представляє DMS енергетичної компанії. DMS встановлює «межі» і норми, щоб при приєднанні мікромережі вона не завдала шкоди мережі через можливі замикання, порушень напруги, неправильної топології [17].

У 2016 році Федеральна комісія з регулювання енергетики (FERC) схвалила зміни в правила роботи оптового ринку, запропоновані системним оператором Каліфорнії CAISO, відповідно до яких провайдери навантаження розподілених енергоресурсів мінімальної загальною потужністю 0,5 МВт можуть брати участь в діяльності електроенергетичного ринку Каліфорнії. CAISO – перший системний оператор в США, який використовує інтегровану навантаження розподілених енергоресурсів [18].

На думку експертів, досить перспективним є ринок сонячних батарей з акумулятором для побутового застосування одним або невеликою групою споживачів, які разом утворюють так звану наномережу (nanogrid).

Оборот наномереж сонячних батарей з акумулятором склав 1,2 млрд. дол. США в 2015 році і виростає до 23,1 млрд. дол. США в 2024 році. Відповідно до огляду ринку Navigant найбільше наносегі поширені в Європі і також очікується їх бурхливе зростання до 2024 року (з 184,4 МВт в 2015 до 4272,1 МВт до 2024 року).

Найуспішніші компанії, що працюють в даній області: Tesla and SolarCity, SunPower, Sunrun, Gildemeister, LG Chemical, DC System Pioneers, E3 / DC, Green Charge Networks, Ideal Power, Sunverge, Timber Rock Energy Solutions, Alectra Utilities [19 – 23].

В ЄС не існує законодавчого або загальноприйнятого визначення «prosumer» і власного виробітку енергії, проте Директива по енергоефективності від 25.10.2012 (Energy Efficiency Directive 2012/27 / EU), Директива про відновлювальну енергетику від 23.04.2009 (Renewable Energy Directive 2009/28 / EC) та Комюніке Єврокомісії про державну підтримку захисту навколишнього середовища та енергетики на 2014–2020 рр. від 28.06.2014 (Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014–2020) містять положення про малі виробники електроенергії. У травні 2016 року Європейський Парламент визнав необхідність розробки визначення «prosumer» і нових законодавчих норм для залучення інвестицій в розвиток виробництва електроенергії для власних потреб, яке є важливим елементом в досягненні цілей ЄС з ВДЕ.

На думку Eurelectric, вигідне роздрібне ціноутворення для «prosumer», забезпечить інвестиції в розосереджену енергетику з боку споживачів, чіткі законодавчі рамки дозволять учасникам ринку запускати нові послуги для допомоги «prosumer» найбільш ефективно використовувати власні генеруючі установки. «Prosumer» повинні бути інтегровані в ринок на рівних умовах з іншими генераторами енергії, їх енергія повинна продаватися за ринковою ціною [24].

В ЄС є кілька схем компенсації «prosumer», схожих з виплатами по ВДЕ, у тому числі, «зелені тарифи», аукціони і чисте вимірювання. Система чистого вимірювання (Net-metering), відповідно до якої споживач оплачує електроенергетичній компанії тільки різницю між спожитої з мережі енергією і енергією, відпущеної в мережу. Тобто надлишок енергії, виробленої споживачем, відпускається в мережу і може бути повернуто (спожито) протягом певного періоду часу (годину, день, місяць, рік), мережа використовується як акумулятор [25].

Майбутнє енергетики, на думку консалтингової компанії Frost & Sullivan, визначається трьома словами «діджиталізація, децентралізація, декарбонізація». З повсюдним застосуванням цифрових технологій зростає взаємодія інфраструктурних систем будівель, будинків, дата-центрів, промисловості та самої електромережі – від електростанції до споживача. Ефективність досягається за рахунок двостороннього обміну енергією і інформацією через численні програми, мобільні додатки, які з'являються на ринку [26].

Поширення Інтернету речей, прискорене повсюдним проникненням мобільних і аналітичних технологій, дозволяє генерувати більше забезпечення високої ефективності. Оптимізація енергосистеми і технологічного процесу робить потреби більш пов'язаними, а попит – ефективним.

У США, навіть за найбільш стриманим прогнозам, загальна встановлена потужність розосереджених енергоресурсів потроїться в найближчі 10 років, відповідно, їх вплив на мережу і енергосистему буде важко ігнорувати. Установка «інтелектуальних» інверторів значно збільшує можливості розосереджених енергоресурсів, тому основною метою на найближчий час є оцінка всіх переваг їх інтеграції в енергосистему. Раніше енергокомпанії використовували на великих розосереджених енергоустановках блоки з дистанційним терміналом для взаємодії з центральною системою контролю і збору даних. Тепер все частіше використовуються DERMS (Distributed Energy Resource Management System), які представляють собою будь-які комплексні програмні рішення з керування розосередженими енергооб'єктами різної потужності від різних виробників ПЗ. Північноамериканський ринок DERMS, за деякими прогнозами, досягне 110 млн. дол. США до 2018 року [27].

Технології DERMS почали з'являтися в 2014 році і лише набирають «силу» за рахунок розвитку і підвищення доступності розосереджених енергооб'єктів, перш за все сонячних установок для побутового використання.

Компанії – розробники інноваційних платформ активного керування розосередженими енергоресурсами (Blue Pillar, Enbala, Viridity, Innovari, Powerit Solutions) знаходяться в постійному пошуку партнерів на рівні енергетичних і комунальних компаній для тестування і установки своїх програм, змагаючись при цьому з компаніями, що надають послуги з керування споживанням (EnerNOC, Comverge), і енергосервісними компаніями-гігантами (Honeywell, Schneider Electric, Siemens, Johnson Controls / Tyco), які активно адаптують свої програми з керування «великими» енергосистемами до мікромереж [28].

На початку 2017 року компанія Siemens запустила власну DERMS, що складається з програм збору і надання даних і візуалізації енергосистеми від планування до прогнозування. За основу взята робота Siemens в області мікромереж (адаптація ПЗ системи керування Spectrum 7) і співробітництво з компанією Utilidata. 395 Масштабована програма EnergyIP об'єднує на одній платформі керування розосередженими ресурсами, можливості віртуальної електростанції і керування попитом в реальному часі і з «хмарної» технологією Інтернету речей [29].

Найчастіше компанії-гіганти купують окремі програми у стартапів і продають їх в складі комплексних рішень. Наприклад, компанія ABB включила до складу своєї DMS програмну платформу Symphony канадського стартапу Enbala. Платформа Symphony агрегує велика кількість гнучких розосереджених енергоресурсів (накопичувачі енергії, керування попитом, інтелектуальні інвертори) для керування в реальному часі напругою, резервної потужністю, споживанням [30].

Системи керування розосереджених енергоресурсів будуть ставати ще складнішими, надаючи енергоспоживачам і енергокомпаніям нові можливості та функції. За прогнозами компанії Enbala, по мірі переходу від демонстраційних проектів до повсюдного застосування системи керування пройдуть три етапи.

Перший етап: поширення систем активного керування розосередженими енергоресурсами з «інтелектуальними» інверторами для керування напругою, що дозволить вийти за 20% ринку, які деякі енергокомпанії відводять для сонячної енергетики в США. Інвертори можуть підвищити здатність мережі інтегрувати розосереджені енергооб'єкти і допомагають впоратися зі зниженням напруги.

Другий етап: перехід керування розосередженими енергоресурсами в руки оператора мережі для використання ресурсів споживачів при вирівнюванні роботи мережі.

Третій етап: забезпечення роботи всієї енергосистеми (великих електростанцій і мережі) в найбільш оптимальному режимі за рахунок використання розосереджених енергоресурсів.

При картині ринку, що ускладнюється, завданням регулятора є створення мінімальних стандартів поведінки суб'єктів ринку для забезпечення стабільності та безпеки роботи енергосистеми, в тому числі при надзвичайних ситуаціях або кібератаки. [31]

У звіті Британського аналітичного агентства Green Alliance про можливі наслідки зростання «децентралізованої» енергетики дані рекомендації з розробки та прийняття відповідних стратегічних рішень. Перш за все, наголошується на необхідності створення повністю незалежної національної системного оператора, оскільки дочірня компанія в складі холдингу National Grid, як раніше запропонував британський регулятор Ofgem, не зможе впоратися з проблемами, що виникають. Крім того, Green Alliance вказує на необхідність державного стимулювання галузевих проектів по агрегації та автоматизації керування малої генерацією, більш широкого використання можливостей DR, що, в свою чергу, потребують розробки та впровадження обов'язкових галузевих стандартів, що забезпечують сумісність Smart-технологій, застосовуваних споживачами [32].

З точки зору можливого ефекту при впровадженні програм DSM на регіональному рівні при застосуванні непрямих методів, стимулюється не лише економічний розвиток, але й підвищується екологічна та енергетична безпека, створюються умови для ринкових перетворень. Що до локального

ефекту варто зазначити зниження потреб у будівництві нових енергетичних об'єктів та підвищення загального рівня надійності енергозабезпечення.

В українських реаліях питання імплементації кращих світових практик з впровадження програм керування попитом залишається відкритим. На тлі нової структури ринку електричної енергії, додаткові конкурентні переваги для енергетичних компаній та фінансової вигоди для споживачів є перспективним фактором розвитку для нових та імплементованих програм з керування попитом.

Список використаної літератури

1. Денисюк С.П. Дослідження програм з керування попиту на електроенергію та аналіз ефективності їх використання [Текст] / С.П. Денисюк, В.П. Опришко // *Technology Audit & Production Reserves*. – 2016. – том 3 (29) – С.69-73. – ISSN 2226-3780
2. Denysiuk S. The smart grid concept implementation by expanding the use of demand side management and modern power electronic installations [Текст] / S. Denysiuk, R. Strzelecki, V. Opryshko // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – 2016. – №4(46). – С.7-17. – ISSN: 1813-5420
3. Smith, William D. "Energy Crisis: Shortages Amid Plenty". The New York Times. New York. Retrieved September 5, 2016.
4. Welles, Chris "The Energy Crisis". The New York Times. New York. Retrieved September 5, 2016.
5. Нові енергетичні технології. Дослідження № 2. Під кер. Станкевича Д.О.– Асоціація «НП Рада Ринку», Москва, 2017. – 150 с.
6. <https://www.pjm.com/-/media/about-pjm/newsroom/annual-reports/2016-annual-report.ashx?la=en>
7. World Energy Outlook 2017 <https://www.iea.org/weo2017/>.
8. California's DRAM Auction Contracts for 82MW of Distributed Energy as Grid Resource <https://www.greentechmedia.com/articles/read/californias-dram-auction-Contracts-for-82mw-of-distributed-energy-as-grid-r>
9. Програми управління споживанням житлового комплексу США <https://www.clearlyenergy.com/residential-demand-response-programs>
10. Сайт SDG&E <http://sdgenews.com/battery-storage-clean-innovative/sdgc-adds-more-storage-harness-clean-energy-and-enhance-reliability>
11. Сайт OhmConnect <https://www.ohmconnect.com/press>
12. «Надання нового плану енергоспоживачам» https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_ACT_part1_v8.pdf
13. Сайт МЕА www.iea.org/
14. Угода між RTE та Carrefour в області гнучкого споживання 23.03.2017 [http://so-ups.ru/index.php?id=energy_news_view&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=10713](http://so-ups.ru/index.php?id=energy_news_view&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=10713)
15. Тестування автоматизованої системи управління попитом KYOCERA 13.09.2016 http://global.kyocera.com/news/2016/0905_mvid.html
16. Реальні вигоди віртуальної електростанції 24.06.2016 <http://peretok.ru/articles/innovations/13216/>
17. Shaun Howell Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources Shaun Howell, Yacine Rezgui, Jean-Laurent Hippolyte, Bejay Jayan, Haijiang Li <http://sciencedirect.com/article/S1364032117304392>
18. Electricity 'Prosumers'. European parliament brief [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI\(2016\)593518_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI(2016)593518_EN.pdf)
19. Grid Interactive Microgrid Controllers and the Management of Aggregated Distributed Energy Resources (DER). EPRI2015.
20. Сайт CPU <http://www.cpuc.ca.gov/General.aspx?id=10710>
21. Reliability Primer.FERC. 2016 <https://www.ferc.gov/legal/staff-reports/2016/reliability-primer.pdf>
22. Проект California State University Hybrid Electric Buildings <http://advmicrogrid.com/projects.html>
23. Microgrid Jr Comes of Age: 07.10.2015 <https://microgridknowledge.com/microgrid-jr-comes-of-age-the-rise-of-the-solar-plus-storage-nanogrid>
24. Winter Package Solutions -EURELECTRIC's key policy recommendations 27.10.2016 <http://www.eurelectric.org/publications/?page=7>
25. Electricity 'Prosumers'. Бриф Європейського Парламенту. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI\(2016\)593518_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI(2016)593518_EN.pdf)
26. Global Power Industry Outlook2017. Highlights. Frost & Sullivan <http://www.energycentral.com/cum/three-%E2%80%9Cd%E2%80%99s%E2%80%9D-driving-global-power-industry-investmen>
27. The Distributed Energy Resource Management System Comes of Age 31.01.2017 <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-distributed-energy-resource-management-system-comes-of-age>

28. Distribu Tech News 09.02.2016 <https://greentechmedia.com/articles/read/DistribuTECH-News-Building-the-Microgrid-Landscape-from-the-End-User-Up>
29. Сайт Siemens <http://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/smart-metering/emeter/pages/energyip-platform.aspx>
30. Сайт Enbala <http://www.enbala.com/the-platform>
31. Advanced Distribution Management Systems for Grid Modernization. <https://microgridknowledge.com/white-paper/grid-modernization/>
32. Моніторинг статистичних даних 21.04–27.04.2017 http://so-ops.ru/uploads/media/280417_foreign_tso.pdf
33. Згуровець О.В. Эффективные методы управления потреблением электрической энергии // Проблемы загальної енергетики. – № 16. – С. 75-80.

V. Opryshko, Ph.D., ORCID 0000-0003-4963-2490
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

WORLD PRACTICE OF DEMAND SIDE MANAGEMENT PROGRAMS IMPLEMENTATION MECHANISMS

The article analyzed the development and best worlds practices in implementation of demand side management programs. The results of the European Union Commissions, the Federal Commission on Energy Regulation, the International Energy Agency, and others reports are presented.

Despite significant differences in the production-organizational structure of energy systems in different countries, methods for controlling the activity of energy companies and pricing, the mechanisms of local energy systems functioning must provide the appropriate volume of generating capacity on the basis of expected consumer demand and regime requirements to reserve level with the market pricing mechanism to maintain balance and lower energy losses.

Analysis of demand side management programs implementation effects proved that the implementation of such programs at the regional level through the application of indirect methods stimulates not only economic development but also enhances environmental and energy security, creates conditions for market transformation. From the regional level point of view, possible effect of the DSM programs implementation, the use of indirect methods stimulates not only economic development, but also enhances environmental and energy security, creates conditions for market transformation. As for the local effect, it is significant reduction of the new energy facilities construction needs and the increase of the overall level of energy supply reliability. Distributed energy resources management systems will become even more complex by providing new opportunities and functions for energy consumers and energy companies.

In Ukrainian realities, the issue of implementing best world practices in the field of demand management programs remains open. Against the background of the new electricity market structure, additional competitive advantages for energy companies and financial benefits for consumers is a promising development factor for new and impelled demand management programs.

Key words: Smart Grid, Power Supply, Energy Efficiency, Demand Management, DSM.

References

1. S. Denysiuk Research of electricity demand management programs and analysis of the efficiency of their use [Text] / S. Denysiuk, V. Opryshko // TechnologyAudit & ProductionReserves. - 2016. - Volume 3 (29) - P.69-73. - ISSN 2226-3780
2. S. Denysiuk The development of the smart grid by expanding the use of demand side management and modern power electronic installations [Text] / S. Denysiuk, R. Strzelecki, V. Opryshko // Power Engineering: Economics, Technology, Ecology. 2016 - No. 4 (46) .- P.7-17. - ISSN: 1813-5420
3. Smith, William D. "Energy Crisis: Shortages Amid Plenty." The New York Times. New York Retrieved September 5, 2016.
4. Welles, Chris "The Energy Crisis". The New York Times. New York Retrieved September 5, 2016.
5. New energy technologies. Research № 2 - Association "NP Market Council", Moscow, 2017. - 150 p.
6. <https://www.pjm.com/-/media/about-pjm/newsroom/annual-reports/2016-annual-report.ashx?la=en>
7. World Energy Outlook 2017 <https://www.iea.org/weo2017/>.
8. California's DRAM Auction Contracts for 82MW of Distributed Energy as Grid Resource <https://www.greentechmedia.com/articles/read/californias-dram-auction-Contracts-for-82mw-of-distributed-energy-as-grid-r>

9. United States residential consumption management programs
<https://www.clearyenergy.com/residential-demand-response-programs>
10. SDG & E Website <http://sdgenews.com/battery-storage-clean-innovative/sdgc-adds-more-storage-harness-clean-energy-and-enhance-reliability>
11. OhmConnect site <https://www.ohmconnect.com/press>
12. "Providing a new plan for energy consumers"
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_ACT_part1_v8.pdf
13. MEA website www.iea.org/
14. Agreement between RTE and Carrefour on Flexible use 23/03/2017 [http://so-ups.ru/index.php?id=energy_news_view&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=10713](http://so-ups.ru/index.php?id=energy_news_view&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=10713)
15. Testing of the automated demand management system KYOCERA 13.09.2016
http://global.kyocera.com/news/2016/0905_mvid.html
16. Real benefits of the virtual power plant Jun 24, 2011 <http://peretok.ru/articles/innovations/13216/>
17. Shaun Howell Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources Shaun Howell, Yacine Rezgui, Jean-Laurent Hippolyte, Bejay Jayan, Haijiang Li <http://sciencedirect.com/article/S1364032117304392>
18. Electricity 'Prosumers'. European Parliament brief [http://www.europarl.europa.eu/RegData/press/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI\(2016\)593518_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/press/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI(2016)593518_EN.pdf)
19. Grid Interactive Microgrid Controllers and Management of Aggregated Distributed Energy Resources (DER). EPRI2015.
20. CPU site <http://www.cpuc.ca.gov/General.aspx?id=10710>
21. Reliability Primer. FERC. 2016 <https://www.ferc.gov/legal/staff-reports/2016/reliability-primer.pdf>
22. California State University's Hybrid Electric Buildings project <http://advmicrogrid.com/projects.html>
23. Microgrid Comes of Age: 07.10.2015 <https://microgridknowledge.com/microgrid-jr-comes-of-age-the-rise-of-the-solar-plus-storage-nanogrid>
24. Winter Package Solutions - EURELECTRIC's key policy recommendations October 27, 2013
<http://www.eurelectric.org/publications/?page=7>
25. Electricity Prosumers'. Brief of the European Parliament.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/press/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI\(2016\)593518_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/press/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI(2016)593518_EN.pdf)
26. Global Power Industry Outlook2017. Highlights Frost & Sullivan
<http://www.energycentral.com/cum/three-%E2%80%9Cd%E2%80%99s%E2%80%9D-driving-global-power-industry-investmen>
27. The Distributed Energy Resource Management System Comes of Age 31.01.2017
<https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-distributed-energy-resource-management-system-comes-of-age>
28. Distribu Tech News Feb 09, 2016 <https://greentechmedia.com/articles/read/DistribuTECH-News-Building-the-Microgrid-Landscape-from-the-End-User-Up>
29. Siemens site <http://w3.siemens.com/smartgrid/global/en/products-systems-solutions/smart-metering/emeter/pages/energyip-platform.aspx>
30. Enbala site <http://www.enbala.com/the-platform>
31. Advanced Distribution Management Systems for Grid Modernization.
<https://microgridknowledge.com/white-paper/grid-modernization/>
32. Monitoring of statistical data 21.04- 27.04.2017 http://so-ups.ru/uploads/media/280417_foreign_tso.pdf
33. Zgurovets O.V. Effective methods of controlling the consumption of electric energy // Problems of general energy. - No. 16. - P. 75-80.

Надійшла 12.09.2018
Received 12.09.2018